

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-325889

(43) 公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 C 3/06

G 0 1 C 3/06

V

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

H

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平10-132275

(22) 出願日

平成10年(1998) 5月14日

(71) 出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72) 発明者 十川 能之

東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会社
スバル研究所内

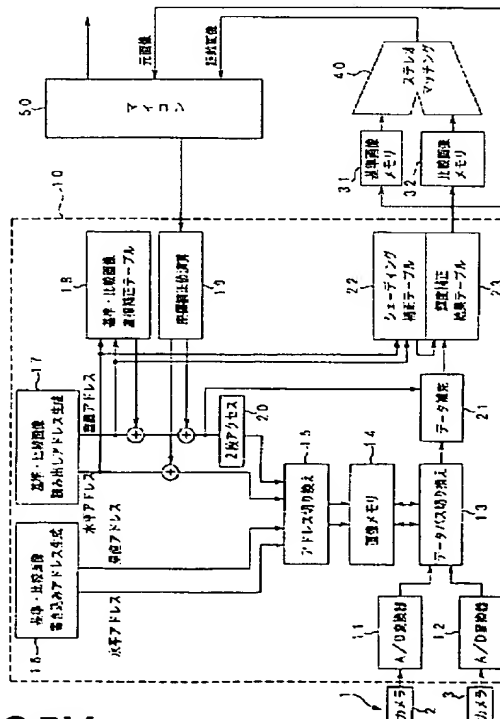
(74) 代理人 弁理士 伊藤 進

(54) 【発明の名称】 ステレオカメラの画像補正装置

(57) 【要約】

【課題】 ステレオカメラの撮像画像の光学的な位置ズレに対し、非線形な位置ズレの補正を可能としてステレオ処理の信頼性を向上する。

【解決手段】 ステレオカメラ1で撮像したアナログ画像をA/D変換し、画像メモリ14にストアされた画像データに対し、基準・比較画像読み出しアドレス生成回路17で基準・比較画像座標補正テーブル18をアクセスして座標補正データを垂直アドレスに加算するとともに、座標補正值演算回路19からの座標補正データを水平アドレス及び垂直アドレスに加算し、2段階アクセス回路20で垂直方向の上下2画素のデータを2段階にアクセスして、データ補完回路21でステレオマッチングにおける基準画像と比較画像との互いの参照位置を補完する。これにより、局部的に補正量の異なる非線形な位置ズレの影響を除去し、対応位置のミスマッチングを防止して正確な距離情報を得る。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステレオカメラで撮像した画像の光学的な位置ズレを補正するステレオカメラの画像補正装置であって、
上記ステレオカメラで撮像した一対の画像に対するステレオマッチングの際の互いの参照位置を、予め求めた画素毎の位置ズレと上記参照位置周辺の座標データとを用いて補完する手段を備えたことを特徴とするステレオカメラの画像補正装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ステレオカメラで撮像した画像の光学的な位置ズレを補正するステレオカメラの画像補正装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、画像による三次元計測技術として、2台のカメラ（ステレオカメラ）で対象物を異なる位置から撮像した1対の画像の相関を求め、同一物体に対する視差からステレオカメラの取り付け位置や焦点距離等のカメラパラメータを用いて三角測量の原理により距離を求める、いわゆるステレオ法による画像処理が知られている。

【0003】 このステレオ法による画像処理では、ステレオカメラからの2つの画像信号を順次シフトしながら重ね合わせて2つの画像信号が一致した位置を求めるようにしているため、本来、2つの画像間には、視差から生じる対応位置のズレのみが存在することが望ましく、他の光学的な歪み等による位置ズレが存在すると、ミスマッチングを生じて距離情報の精度が低下する。

【0004】 このため、ステレオカメラの使用に際しては光学位置の調整が極めて重要であり、特開平 5 - 1 5 7 5 5 7 号公報には、一対のビデオカメラを連結保持する保持部材に、一方のビデオカメラのイメージセンサの画素の並びが他方のビデオカメラのイメージセンサの画素の並びと平行になるように調整する平行調整手段、一方のビデオカメラの光軸と他方のビデオカメラの光軸とが平行となるように調整する光軸調整部材を設け、2台のカメラの相関関係を機械的に調整・保持する技術が開示されている。

【0005】 しかしながら、一旦、固定したステレオカメラに経年変化によるズレが生じた場合、従来では、機械構造的に再調整しなければならず、煩雑な作業を要するばかりでなく、再調整のための時間も長くなり、機械的な調整では精度確保に限界がある。

【0006】 これに対処するため、本出願人は、先に、特願平 9 - 1 1 7 2 6 8 号において、ステレオカメラの光学的位置のズレに応じて画像をアフィン変換することで、機械的な調整を行うことなく電氣的に調整する技術を提案しており、ステレオカメラの光学的位置を機械的には調整困難なレベルまで精密に調整可能とするとも

に、調整後の経年変化によるズレに対しても容易に再調整可能としている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、先に本出願人が提案した画像のアフィン変換による補正は、水平・垂直方向や回転方向の光学位置補正、レンズの焦点距離（画角）のバラツキ補正等、画像全体に対して一様に作用する線形補正であり、レンズ歪みの影響や撮像素子の受光面のあおりによる画像内の領域による拡大・縮小率の相違等、画像の非線形な歪みには対処困難である。

【0008】 さらに、ステレオカメラでは、距離情報の生成領域を用途に応じて最適な方向にするため、ステレオ処理の際の基準画像を撮像するメインカメラとステレオ処理の際の比較画像を撮像するサブカメラとを、予めステレオカメラの基線に対して斜めに装着する場合がある。例えば、車載のステレオカメラでは、視野範囲に対して距離検出領域を左右均等にするため、カメラシステムの正面（自車両の正面）に対し、メインカメラとサブカメラとを右向きに装着し、メインカメラの撮像画像のうち、サブカメラ側の所定割合の領域を距離情報生成領域とする場合がある。

【0009】 このようなステレオカメラの基線に対する2台のカメラの斜角装着では、撮像画像に対して非線形な形状補正が必要であり、前述したレンズ歪みや撮像素子の受光面のあおり等の歪みを含め、画像の非線形な位置ズレに対する補正が残された課題となっていた。

【0010】 本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、ステレオカメラの撮像画像の光学的な位置ズレに対し、非線形な位置ズレの補正をオンボードにて可能としてステレオ処理の信頼性を向上することのできるステレオカメラの画像補正装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 記載の発明は、ステレオカメラで撮像した画像の光学的な位置ズレを補正するステレオカメラの画像補正装置であって、上記ステレオカメラで撮像した一対の画像に対するステレオマッチングの際の互いの参照位置を、予め求めた画素毎の位置ズレと上記参照位置周辺の座標データとを用いて補完する手段を備えたことを特徴とする。

【0012】 すなわち、本発明では、ステレオカメラで撮像した一対の画像に対し、ステレオマッチングの際の互いの画像の参照位置を、予め求めた画素毎の位置ズレと参照位置周辺の座標データとを用いて補完し、補完した座標を参照してマッチングを取ることで、対応位置のミスマッチングを防止する。

【0013】

【発明の実施の形態】 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図 1 ～ 図 9 は本発明の実施の一形

態に係わり、図 1 はステレオ処理システムの全体構成図、図 2 は垂直／水平補正の補正パターンを示す説明図、図 3 は回転補正の補正パターンを示す説明図、図 4 は焦点距離補正の補正パターンを示す説明図、図 5 はレンズ歪み補正パターンを示す説明図、図 6 は垂直方向のデータ補完を示す説明図、図 7 は水平格子パターンの撮像画像を示す説明図、図 8 は座標補正テーブルのデータ分布例を模式的に示す説明図、図 9 は元画像を座標補正した画像を示す説明図である。

【0014】図 1 は、互いに同期が取れ、例えば電荷結合素子（CCD）等のイメージセンサを内蔵したシャッタ速度可変の 2 台のカメラからなるステレオカメラ 1 で撮像した画像を処理するステレオ画像処理システムの構成を示し、例えば自動車やヘリコプタ等の移動体に搭載され、周囲環境や自己位置を認識するシステムの一部として使用される。

【0015】上記ステレオカメラ 1 は、一方のカメラをステレオ処理の際の基準画像を撮像するメインカメラ、他方のカメラをステレオ処理の際の比較画像を撮像するサブカメラとして、図示しないカメラステイに所定の基線長をもって配設される。両カメラ 2、3 で撮像した 2 枚の画像は、画像入力装置である画像補正装置 10 を介してステレオ処理装置 40 へ入力され、ステレオマッチングにより 2 つの画像の一致度が評価されて遠近情報を数値化した三次元画像情報としての距離画像が生成される。

【0016】この場合、2 台のカメラ 2、3 は、初期製造段階で互いの光軸が平行となるように機械的に調整されてカメラステイに固定されているが、両カメラ 2、3 で撮像した各画像には、機械的な組立て精度の限界、レンズの焦点距離のバラツキやレンズ歪みの影響、イメージセンサの受光面のあおりによる撮像画像内の拡大縮小率の相違等によって光学的に非線形の位置ズレが少なからず存在し、必ずしもステレオ処理に最適な画像が得られるわけではない。

【0017】このため、上記画像補正装置 10 では、各カメラ 2、3 の撮像画像における光学的な位置ズレを画素毎に補正してステレオ処理に最適な画像データが得られるようにしており、各カメラ 2、3 からのアナログ画像を A/D 変換器 11、12 でデジタル画像に変換してデータバス切り換え回路 13 を介して画像メモリ 14 に格納し、この画像メモリ 14 に格納した画像データをデータ補完回路 21 によって画素毎に補正するようにしている。

【0018】上記画像メモリ 14 には、アドレス切り換え回路 15 を介して基準・比較画像書き込みアドレス生成回路 16 と基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 17 とが接続されており、基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 17 から画素毎の座標補正データを記憶する基準・比較画像座標補正テーブル 18 がアクセスされ

る。

【0019】上記基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 17 から出力される水平アドレスには、マイクロコンピュータ（マイコン）50 からの指示によって画像座標補正値を演算する座標補正値演算回路 19 からの座標補正データが加算され、アドレス切り換え回路 15 に出力される。また、上記基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 17 から出力される垂直アドレスには、上記基準・比較画像座標補正テーブル 18 からの座標補正データと上記座標補正値演算回路 19 からの座標補正データとが加算され、データ補完回路 21 に出力されるとともに 2 段アクセス回路 20 を介してアドレス切り換え回路 15 に出力される。

【0020】上記データ補完回路 21 の出力は、基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 17 からアクセスされるシェーディング補正テーブル 22 の出力とともに輝度補正結果テーブル 23 に入力されて輝度補正され、輝度補正された画像データが基準画像メモリ 31 及び比較画像メモリ 32 に出力される。

【0021】基準画像メモリ 31 及び比較画像メモリ 32 にストアされた画像データは、絶対値演算器と加算器とをピラミッド状に接続したパイプライン構造のシティブロック距離計算回路や、シティブロック距離の最小値及び最大値等を評価する最小値・画素ズレ検出回路等からなるステレオ処理装置 40 に読み込まれ、互いの画像の小領域（例えば、4×4 画素の小領域）毎に一致度が評価されて距離画像が生成される。尚、距離画像の生成処理については、本出願人による特開平 5 - 1 1 4 0 9 9 号公報に詳述されている。

【0022】さらに、上記ステレオ処理装置 40 から出力される距離画像データと上記画像補正装置 10 から出力される補正後の元画像データとは、マイクロコンピュータ 50 に読み込まれ、各種認識処理が行なわれる。例えば車両に適用する場合、道路形状や前方車両の存在等の走行環境を認識し、衝突危険度を判定して運転者に警報を発したり、自動的にブレーキを作動させて停止させる、あるいは、先行車との車両間距離を安全に保つよう自動的に走行速度を増減する等の車両制御用データを出力する。

【0023】以上のステレオ処理システムでは、メインカメラ 2 で撮像した基準画像とサブカメラ 3 で撮像した比較画像とを画像入力装置である画像補正装置 10 において時分割で処理するようにしており、基準画像メモリ 31 にステレオマッチングのための小領域の画像データがストアされ、比較画像メモリ 32 には、一つの小領域に対して対応位置を参照するための画像データが水平方向に所定の画素ズレ数分（例えば、小領域を 4×4 画素として 100 画素ズレ分；4×104 画素のデータ）だけストアされる。

【0024】すなわち、画像補正装置 10 では、両カメ

10

20

30

40

50

ラ 2、3 で撮像したアナログ画像を A/D 変換器 1 1、1 2 で所定の輝度階調（例えば 2 5 6 階調のグレースケール）のデジタル画像に変換し、データバス切り換え回路 1 3 によって画像メモリ 1 4 側にバスを切り換えてデジタル画像データを基準・比較画像書き込みアドレス生成回路 1 6 によって指定される水平アドレス及び垂直アドレスで画像メモリ 1 4 にストアする。

【0025】そして、画像メモリ 1 4 に所定の画像データがストアされると、基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 1 7 によって画像データの読み出しが開始され、基準・比較画像座標補正テーブル 1 8 がアクセスされて座標補正データ（アドレス補正データ）が垂直アドレスに加算されるとともに、座標補正值演算回路 1 9 からの座標補正データが水平アドレス及び垂直アドレスに加算され、アドレス切り換え回路 1 5 を介して画像メモリ 1 4 がアクセスされる。

【0026】本形態においては、基準・比較画像座標補正テーブル 1 8 に記憶される座標補正データは、ステレオマッチングの走査方向（水平方向）に垂直な成分を補正するためのデータであり、基準画像及び比較画像の上下ズレ、回転ズレ、レンズ歪み、焦点距離のバラツキを補正するための初期補正データである。この座標補正データには、例えば 8 ビットのデータを用い、最上位の 1 ビットで補正方向を示す正負の符号、次の 4 ビットで整数部分、下位 3 ビットで小数部分を表わし、最大座標補正量 ± 16 画素、最小座標補正分解能 0. 1 2 5 画素（ $1/8$ 画素）の補正を行なう。

【0027】上記基準・比較画像座標補正テーブル 1 8 は、予め、正方格子パターンのような特定の補正量計測用撮像パターンを両カメラ 2、3 で同時に撮像し、それぞれのカメラ 2、3 の撮像画像について画素毎の座標補正量を計算して作成される。すなわち、撮像した画像から各格子点中心の座標を 1 画素以下で計測し、計測用コンピュータにストアされている基準正方格子パターンの対応格子点位置と比較して格子点毎に偏差を算出し、この偏差から補正方向を加味したデータ形式の変換を行って格子点毎の補正量を求める。そして、それぞれの画素について、その画素を囲む 4 つの格子点の補正量から 4 点補完によって画素毎の座標補正量を算出し、テーブル 1 8 に記憶させる。

【0028】また、基準・比較画像座標補正テーブル 1 8 には、必要に応じて垂直方向の補正データあるいは水平方向の補正データのみを記憶するようにしても良い。図 7～図 9 は、垂直方向の補正データをテーブル 1 8 に記憶させる例を示している。この例では、予め、補正量計測用の水平格子パターンを両カメラ 2、3 で同時に撮像する。図 7 はカメラ 2、3 の画像の一例を示す。撮像された画像から各水平格子線の幅の中心線（重心線）を求め、それぞれの重心線を計測用コンピュータにストアされている基準水平格子と照らし合わせる。そして基準

格子上に位置する各画素における垂直方向の座標補正量を求め、さらに、基準格子上にない画素の座標補正量を線形補完で求めて図 8 に示すようなデータ分布の座標補正テーブルを作成する。

【0029】図 9 は、図 8 の座標補正テーブルを用いて図 7 の水平格子パターンを撮像した画像を補正した結果を示している。撮像画像の四隅で顕著に見られる歪が補正され、すべての格子が水平に修正されていることがわかる。

10 【0030】尚、水平方向の補正データをテーブル 1 8 に記憶させる場合には、垂直格子パターンを使用して同様の処理を行う。また、垂直方向あるいは水平方向の補正データをテーブル 1 8 に記憶させる場合、他方の補正データを後述する座標補正值演算回路 1 9 にて演算するようにしても良い。

20 【0031】一方、座標補正值演算回路 1 9 からの座標補正データは、経時変化による両カメラ 2、3 の上下ズレ、左右ズレ、回転ズレ等をマイクロコンピュータ 5 0 からの指示に基づいて補正するためのデータであり、画像全体に一律に作用する補正データである。この補正では、垂直方向は、 $1/8$ 画素までの補正を行なうが、垂直水平方向の座標補正は 1 画素単位で行なう。この場合、水平方向の座標補正量は、無限遠までの全ての対象がステレオマッチングの走査範囲内に入るよう、無限遠で互いの画像の対応位置が所定画素（例えば、3 画素）ずれるように設定する。なお、回転ズレの補正については、マイクロコンピュータが設定した回転ズレ補正データに応じ、水平アドレスの増加に対して垂直補正量を増加または減少させることで簡易的に実現することができる。

30 【0032】例えば、図 2 に示すような上下ズレや左右ズレに対する垂直/水平方向の補正は、垂直方向が最小 $1/8$ 画素ピッチで補正され、水平方向は 1 画素ピッチで行なわれる。また、図 3 に示すような回転ズレに対する補正、図 4 に示すような焦点距離のバラツキに対する補正、図 5 に示すようなレンズ歪みに対する補正は、垂直成分のみで最小 $1/8$ 画素ピッチで行なわれる。

40 【0033】すなわち、本形態のようにステレオマッチングを比較的画素数の少ない小領域で行う場合には、データ補完によって隣接する画素間の輝度差情報が多少なりとも失われること、処理時間を要すること等から、ステレオマッチングの走査方向に垂直な成分のみ 1 画素以下の分解能でデータ補完を行ない、水平方向は 1 画素単位で読み出しアドレスをずらすようにしている。

50 【0034】このため、基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 1 7 で生成した垂直アドレスに座標補正を加えたデータは、小数以下を表わす下位 3 ビットがデータ補完回路 2 1 に出力され、上位 5 ビットのデータによって 2 段アクセス回路 2 0 で垂直方向の上下 2 画素のデータが 2 段階にアクセスされる。そして、これらのデータ

からデータ補完回路 2 1 でステレオマッチングにおける基準画像と比較画像との互いの参照位置のデータ補完が行なわれる。

【0035】データ補完回路 2 1 では、画像メモリ 1 4 の元画像において、図 6 に示すように、所定の画素の座標 A (x, y) が本来の位置から m 画素ずれている場合、2 段アクセス回路 2 0 でアクセスして得られる垂直方向の上下 2 画素の座標 b (x, y-1), b (x, y+1) から、正方向ズレのときには以下の(1)式で、また、負方向のズレのときには以下の(2)式で補完を行い、位置ズレを補正した座標 B (x, y) を求める。この処理を元画像の全ての画素について行う。

【0036】

$$B(x, y) = b(x, y) \times (1 - m) + b(x, y+1) \times m \quad \cdots (1)$$

$$B(x, y) = b(x, y) \times (1 - m) + b(x, y-1) \times m \quad \cdots (2)$$

この場合、垂直方向及び水平方向の補正を共に 1 画素以下で行う場合には、水平アドレス及び垂直アドレスを、それぞれ 2 段アクセスして参照位置周辺の座標データを求め、これらの座標データと水平アドレスライン及び垂直アドレスラインからの座標データによって水平方向の補完と垂直方向の補完とを行うようにする。

【0037】以上のデータ補完回路 2 1 によって補正された画像データは、輝度補正結果テーブル 2 3 において、基準・比較画像読み出しアドレス生成回路 1 7 によってアクセスされるシェーディング補正テーブル 2 2 からのデータによって各カメラの光学系に発生するシェーディング現象による輝度低下が補正され、基準画像メモリ 3 1、比較画像メモリ 3 2 にストアされる。

【0038】基準画像メモリ 3 1 及び比較画像メモリ 3 2 にストアされた画像データは、ステレオ処理装置 4 0 に読み込まれ、ステレオマッチングが行なわれる。このステレオマッチングでは、基準画像メモリ 3 1 の一つの小領域に対し、比較画像メモリ 3 2 の小領域との間のシティブロック距離を計算する処理を水平方向に 1 画素ずつずらしながら所定画素分ずれるまで繰り返し、シティブロック距離の最小値及び最大値等を評価してシティブロック距離の最小値が本当に 2 つの画像の小領域の一致を示しているものかどうかをチェックする。そして、チェック条件を満足する場合、シティブロック距離が最小になる画素ズレ量を基準画像の小領域に対応する距離情報として出力する。

【0039】このステレオマッチングの際には、両カメ

ラ 2, 3 の撮像画像全体に一律に生ずる線形的な位置ズレは勿論のこと、局部的に補正量の異なる非線形的な位置ズレの影響がオンボードにて除去されているため、対応位置のミスマッチングを生じることがなく、正確な距離情報を得て画像処理における信頼性を向上することができる。

【0040】さらに、2 台のカメラ 2, 3 が基線に対して斜角装着されている場合にも、斜め方向から撮像した画像に対する非線形的な形状補正を行なうことができ、柔軟なシステムとすることができる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、ステレオカメラで撮像した一対の画像に対し、ステレオマッチングの際の互いの画像の参照位置を、予め求めた画素毎の位置ズレと参照位置周辺の座標データとを用いて補完するため、撮像画像全体に一律に生ずる線形的な位置ズレは勿論のこと、局部的に補正量の異なる非線形的な位置ズレの影響をオンボードにて除去することができ、対応位置のミスマッチングを生じることがなく、正確な距離情報を得て画像処理における信頼性を向上することができる。さらには、ステレオカメラが基線に対して斜角装着されている場合にも、斜め方向から撮像した画像に対する非線形的な形状補正を行なうことができ、柔軟なシステムとすることができる等優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】ステレオ処理システムの全体構成図

【図 2】垂直／水平補正の補正パターンを示す説明図

【図 3】回転補正の補正パターンを示す説明図

【図 4】焦点距離補正の補正パターンを示す説明図

【図 5】レンズ歪み補正パターンを示す説明図

【図 6】垂直方向のデータ補完を示す説明図

【図 7】水平格子パターンの撮像画像を示す説明図

【図 8】座標補正テーブルのデータ分布例を模式的に示す説明図

【図 9】元画像を座標補正した画像の例を示す説明図

【符号の説明】

1 …ステレオカメラ

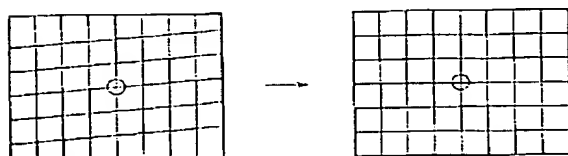
1 0 …画像補正装置

1 8 …基準・比較画像座標補正テーブル

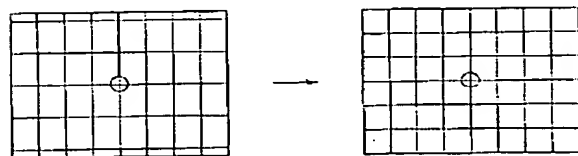
2 1 …データ補完回路

4 0 …ステレオ処理装置

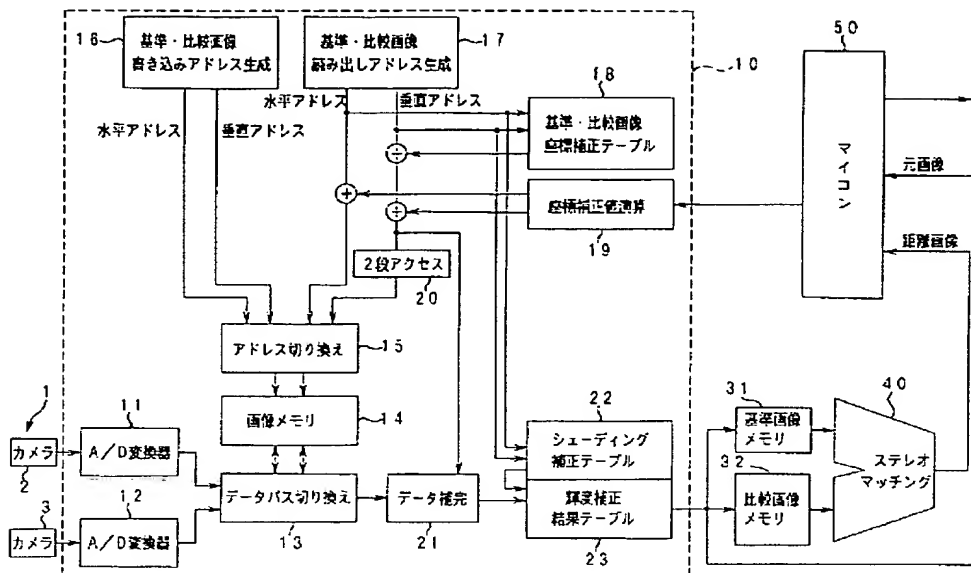
【図 3】



【図 4】

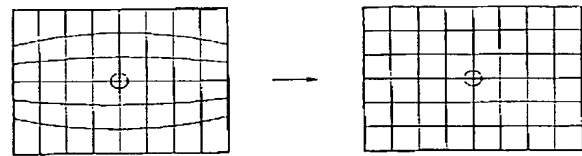
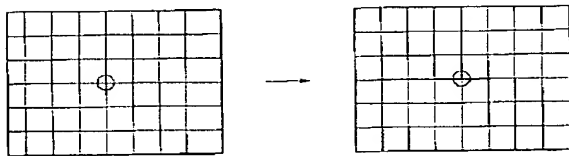


【図 1】



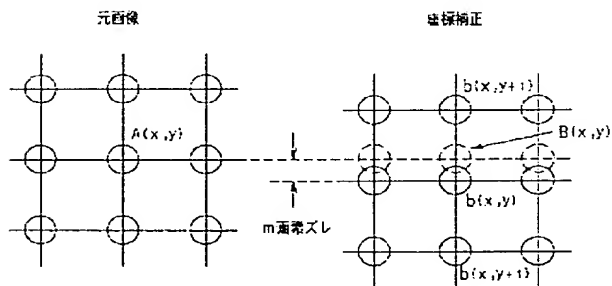
【図 2】

【図 5】



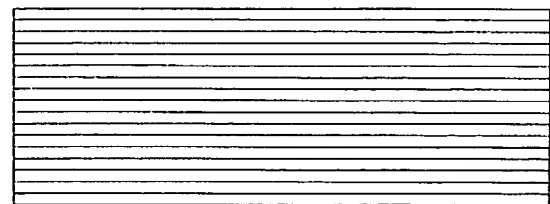
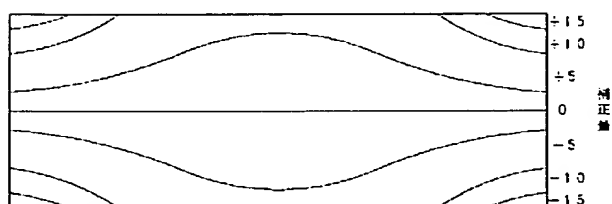
【図 6】

【図 7】



【図 9】

【図 8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.